



ESTUDIO DEL FENOMENO DE LA ISLA DE CALOR EN LA CIUDAD DE CORDOBA – RESULTADOS PRELIMINARES

A. Maristany, L. Abadía, S. Angiolini, A. Pacharoni, M. Pardina
Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas – CIAL
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de Córdoba
Ciudad Universitaria – C.P. 5000 – Córdoba
Tel. 0351-4333037 – Fax 0351-4334158 e-mail: artmar@faudi.unc.edu.ar

RESUMEN: Este trabajo tiene como objetivo principal caracterizar del fenómeno de la Isla de Calor de la Ciudad de Córdoba a partir del relevamiento de su comportamiento térmico y la comparación con algunos indicadores urbanos relacionados. Para ello se realizó una aproximación topográfica de la ciudad de Córdoba, se estudiaron los aspectos demográficos y su relación con los datos climáticos de las distintas décadas, como así también el aumento de temperatura máxima en relación al crecimiento de la misma.

A los fines de poder corroborar las conclusiones se realizaron mediciones de temperatura a través de cuatro transeptos definidos según las principales vías que atraviesan la ciudad de Córdoba. En las mediciones realizadas se observan aumentos de temperatura hacia el centro de la ciudad y disminuciones importantes hacia la periferia, especialmente en puntos donde existen espejos de agua o extensiones de espacios verdes.

Palabras clave: isla de calor, clima urbano, configuración urbana

INTRODUCCION

La edificación densa y pavimentación de las ciudades se convierten en grandes absorbedores y acumuladores de calor, el cual es irradiado lentamente durante la noche y últimas horas del día. Este proceso implica, por la dificultad en la disipación del calor, un necesario aumento de la temperatura de la ciudad en relación al área suburbana o rural. Este fenómeno es descrito generalmente como “Isla de Calor”.

Estudios sistemáticos de la isla de calor son realizados en diferentes ciudades de Europa desde hace más de treinta años trabajos que han llevado a una revisión de la forma de hacer la ciudad basada en un urbanismo sustentable. Estudios sistemáticos de este tipo como el realizado en México (Jauregui, 1997) determinan criterios relacionados con las variables a analizar y metodologías de análisis. En nuestro país se han llevado a cabo estudios sistemáticos del fenómeno, principalmente en ciudades como San Juan (Papparelli, Kurban, 1999), Buenos Aires (de Schiller, Evans et al, 2001) y Mendoza (Correa et al, 2004, 2005). Estos trabajos comienzan a marcar y a definir criterios metodológicos y conclusiones que podrían ser generalizadas a la totalidad de las principales ciudades.

Las modificaciones y alteraciones urbanas en aspectos tales como densidad, uso del suelo, patrones de asentamiento afectan elementos del clima como son la temperatura, la humedad, vientos, precipitaciones, evaporación, contribuyendo en su conjunto al fenómeno de la isla de calor. El análisis de la intensidad y avance del fenómeno permite proponer medidas adecuadas orientadas hacia un desarrollo urbano sustentable (de Schiller, 2000).

La combinación de parámetros como la temperatura, la humedad, la radiación y el viento en niveles adecuados para no generar estrés es lo que define la condición climática de confort. Las modificaciones inducidas por la ciudad sobre estos parámetros modifica necesariamente la condición de confort. El fenómeno de la isla de calor modifica los periodos estacionales, disminuyendo el periodo invernal con aumento de la demanda energética en verano. Conocer y evaluar el clima urbano y sus condiciones de confort permite establecer prioridades en la planificación urbana (Konopacki, Akbari, 2001). El conocimiento y evaluación del fenómeno es de fundamental importancia, pues afecta directamente aspectos tales como el uso del suelo, densidad, organización de espacios verdes, manejo del agua, entre otros. El estudio de la isla de calor en poblaciones donde se superan los 200.000 habitantes permite la definición de estrategias destinadas a mitigar el proceso con acciones urbanísticas y arquitectónicas como el manejo de los espacios verdes, la reforestación de calles y avenidas, el tratamiento de los pavimentos y normativas edilicias y de ocupación del suelo que impulsen criterios de relación equilibrada con el medio en referencia a los procesos de intercambio energético.

Este trabajo, orientado a verificar la existencia de fenómeno, forma parte de un programa de investigación cuyo objetivo principal es definir la magnitud y evolución de la isla de calor en la Ciudad de Córdoba, caracterizar las posibles causas del incremento de temperatura y variación de los parámetros asociados al confort en la ciudad y formular bases de acción de criterios de desarrollo urbanístico destinadas a su control y mitigación.

DESCRIPCION TOPOGRÁFICA DE LA CIUDAD DE CÓRDOBA

La Ciudad de Córdoba presenta una fuerte imagen de recinto o “el pozo” como se la define familiarmente. Este pozo está definido por las barrancas de alturas más o menos uniformes que flanquean el cauce del Río primero. A pesar de que la dirección dominante del río es oeste–este, la cota de mayor nivel tiende a producir una figura cerrada alrededor del centro.

En la década de 1970 Raúl Bulgheroni definió la aprehensión total de la estructura urbana de Córdoba en base a tres instancias características: a) encuentro lejano, b) encuentro próximo y c) aprehensión del casco chico (Bulgheroni, 1970). Las tres instancias coinciden con la estructura general de este gran cuenco que es la Ciudad de Córdoba en la cual se pueden identificar una zona plana superior, un plano inclinado suave, un plano inclinado de mayor pendiente y un plano horizontal inferior. Esta estructura topográfica condicionó el desarrollo de la ciudad definiendo un crecimiento en anillos concéntricos a partir del área central. Vinculado a esta topografía el concepto de “bajar” en Córdoba significa siempre aproximarse al centro, especialmente en la dirección norte–sur donde las barrancas son atacadas casi perpendicularmente. Bulgheroni esquematiza la ciudad en el croquis de la figura 1, donde se sintetiza esta estructura en forma de cuenco de la Ciudad de Córdoba, aspecto topográfico que tiene una influencia decisiva en los factores ambientales de la ciudad: modificación de los patrones de viento, contaminación del aire e inversión térmica, entre otros factores. En el fondo de este cuenco y potenciando el efecto de la topografía se desarrolla en área central con la mayor densidad edilicia, masa construida y escasez de espacios verdes, en la figura 2 se muestra una vista aérea del área central de la Ciudad de Córdoba en donde se destaca la densificación en contraste con las áreas inmediatas de menor densidad (segundo anillo de crecimiento).

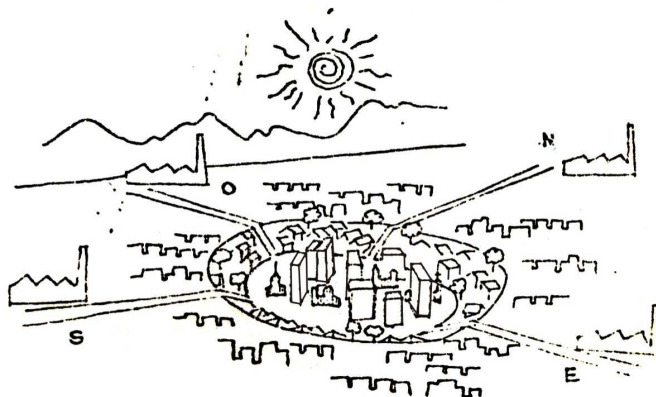


Figura 1: Conformación urbana de la Ciudad de Córdoba según Bulgheroni



Figura 2: Vista aérea del área central de la Ciudad de Córdoba

ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

La ciudad de Córdoba presenta una estructura física radio concéntrica que se manifiesta en la distribución de la población en anillos de crecimiento (Peralta, 2008). Un millón trescientos sesenta y ocho mil habitantes tiene hoy la ciudad de Córdoba. Podemos entender su crecimiento a partir de tres etapas (Irós, 1991), una primera comprendida desde su fundación 1573 hasta fines del siglo XIX que se caracteriza como de consolidación de los límites naturales. El segundo período podemos considerarlo entre fines del siglo XIX y mediados del XX, es aquí cuando la ciudad inicia su extensión superando las barreras geográficas que la contienen. La población muestra para este período un crecimiento constante. El tercer período hasta hoy podemos caracterizarlo como la segunda extensión de la ciudad, que dio origen a su extensa periferia. Un indicador que distingue a esta etapa es el crecimiento vertiginoso de su población. En el gráfico de la figura 3 se esquematiza este avance progresivo de crecimiento por anillos alrededor del área fundacional. Se destaca el importante crecimiento desarrollado a partir de la década de 1940. Las etapas comprendidas entre el año 1940 y el año 2000 son tomadas como referencia para el análisis comparativo entre el crecimiento y densificación de la ciudad y su correlación con el incremento de la temperatura. En la tabla 1 se muestran los datos de población para cada etapa.

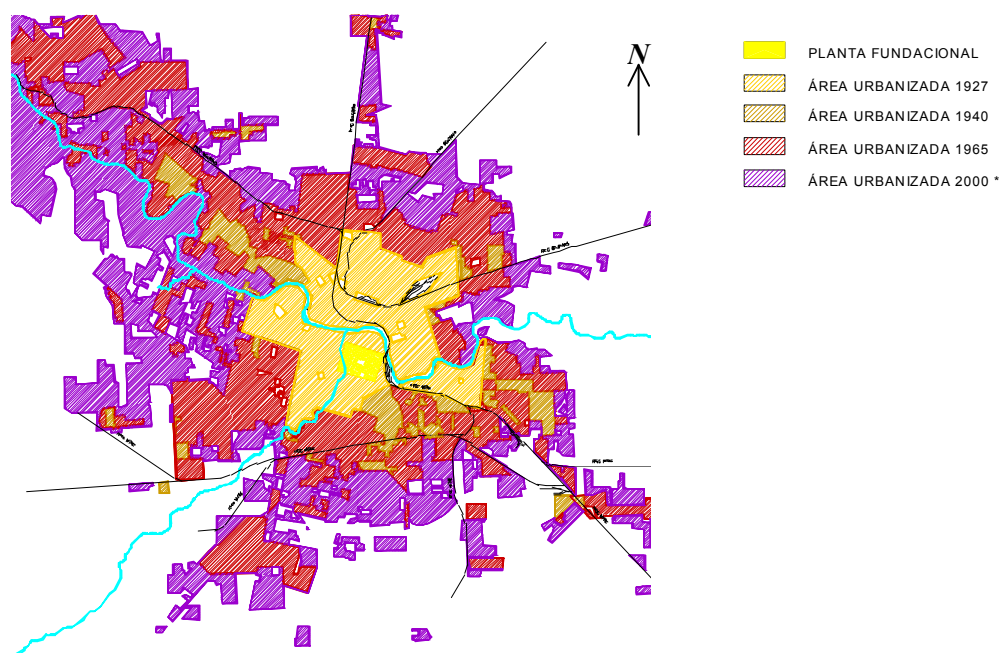


Figura 3: Crecimiento poblacional de la Ciudad de Córdoba. Fuente: Municipalidad de Córdoba

Año	1947	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Población	386000 hab.	437500 hab.	589153 hab.	803741 hab.	992948 hab.	1130162 hab.	1222788 hab.

Tabla 1: Cantidad de habitantes por año –fuente: datos censales

ANTECEDENTES CLIMÁTICOS ESTADÍSTICOS

La Ciudad de Córdoba cuenta con dos estaciones pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional: La estación AERO ubicada en el Aeropuerto Internacional en la periferia de la Ciudad y la estación OBS ubicada en el Observatorio Astronómico de la Universidad en las cercanías del área central. La disponibilidad de datos de ambas estaciones permitió la comparación de los valores de temperatura registrados durante cincuenta años. Se analizaron los datos estadísticos por décadas facilitados por el SMN, detectándose un aumento progresivo de la diferencia de temperatura entre las estaciones. Con el objetivo de analizar el impacto del fenómeno se trabajó con los valores de temperatura máxima media (TMM). En la tabla 2 se muestran los valores de TMM por décadas para cada una de las estaciones.

Década	Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
41-50	AERO	31,7	31	26,9	24,7	21,2	18,2	18	20,2	23,6	25,9	28,5	32,1
	OBS	32,3	31,1	27,5	25,1	21,6	18,6	18,4	20,6	23,5	26,3	29	32,5
51-60	AERO	30,8	29,2	27,5	22,9	20,8	17,2	17,6	21,2	22,7	24,1	28,6	29,5
	OBS	31,4	30,5	28,2	23,7	21,4	17,6	18,9	21	23,2	24,9	28,2	29,9
61-70	AERO	30	29,8	26,9	24,8	21,8	18	18,4	21	23	24,5	27,6	29,1
	OBS	31	30,9	27,6	25,2	22,3	18,3	18,7	21,4	23,6	25,2	28,3	30,2
71-80	AERO	29,9	28,5	26,4	23,6	20,9	17,8	18	19,8	22,4	25,4	27	29,2
	OBS	31,3	29,6	27,5	24,7	22	18,7	18,9	20,7	23,5	26,4	28,2	30,5
81-90	AERO	29,3	28,5	26,6	24,2	20,9	17,9	17,5	20,2	21,8	25,8	27,1	28,6
	OBS	31,1	30	27,8	24,8	21,8	18,6	18,2	21	22,6	26,8	28,7	30,3
91-00	AERO	28,9	27,8	27	23,5	20,7	17,8	17,3	20,6	22,5	24,7	26,6	29,1
	OBS	30,2	29,1	28,2	24,7	21,5	18,6	18,1	21,5	23,4	25,8	27,7	30,2

Tabla 2: Valores de TMM por década medidos en las estaciones del SMN en Córdoba (fuente: SMN-Fuerza Aérea)

La gráfica de la figura 4 muestra un análisis comparativo entre las temperaturas máximas promedio registradas de las estaciones del SMN ubicadas en el observatorio y en el aeropuerto. La variable representada es la diferencia numérica entre los valores de TMM registrados. Se observa un lento, pero sostenido incremento de la diferencia con el paso de los años, representada en el gráfico por la línea de tendencia basada en la media móvil de los valores. Es importante destacar que la estación del observatorio, a pesar de su cercanía al área central, se encuentra ubicada en un lugar alto y algo alejado de la masa de mayor densidad edilicia, lo cual permite suponer que el incremento de temperatura dentro del tejido urbano más denso sería superior.

El aumento de la diferencia de temperatura entre el área central y la periferia se acompaña y se correlaciona de manera directa con el incremento de la población destacándose un ajuste significativo de ambos parámetros: la temperatura y la cantidad de población que se corresponde directamente con el aumento de densidad de la ciudad.

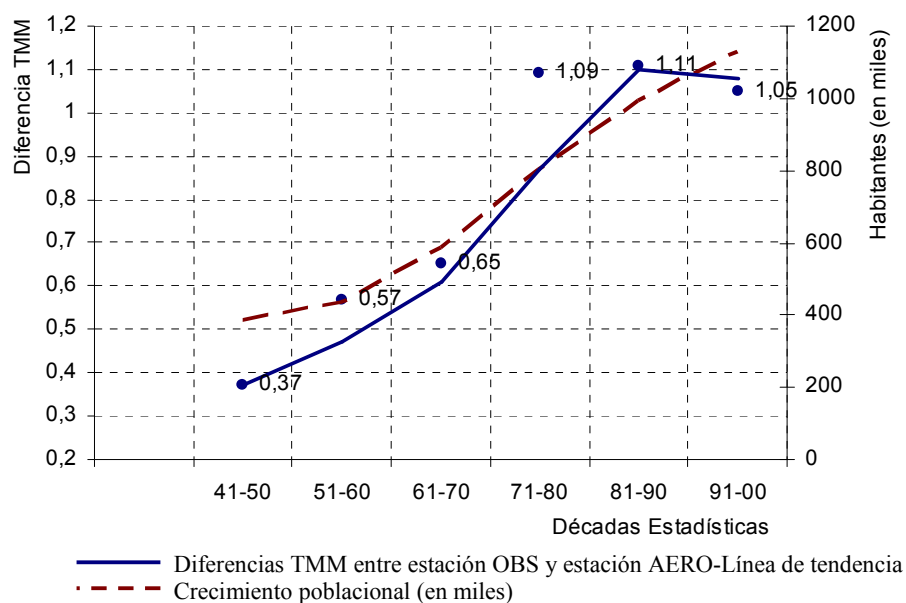


Figura 4: Evolución de Tmax entre estaciones Cba Aero y Obs

MEDICIONES

El método adoptado para las mediciones móviles es el de transeptos, de acuerdo a la bibliografía consultada (Evans, de Schiller, 2005), (Correa et al, 2004) es un método aceptado para la observación de las variaciones del clima urbano usado a nivel internacional desde hace varios años.

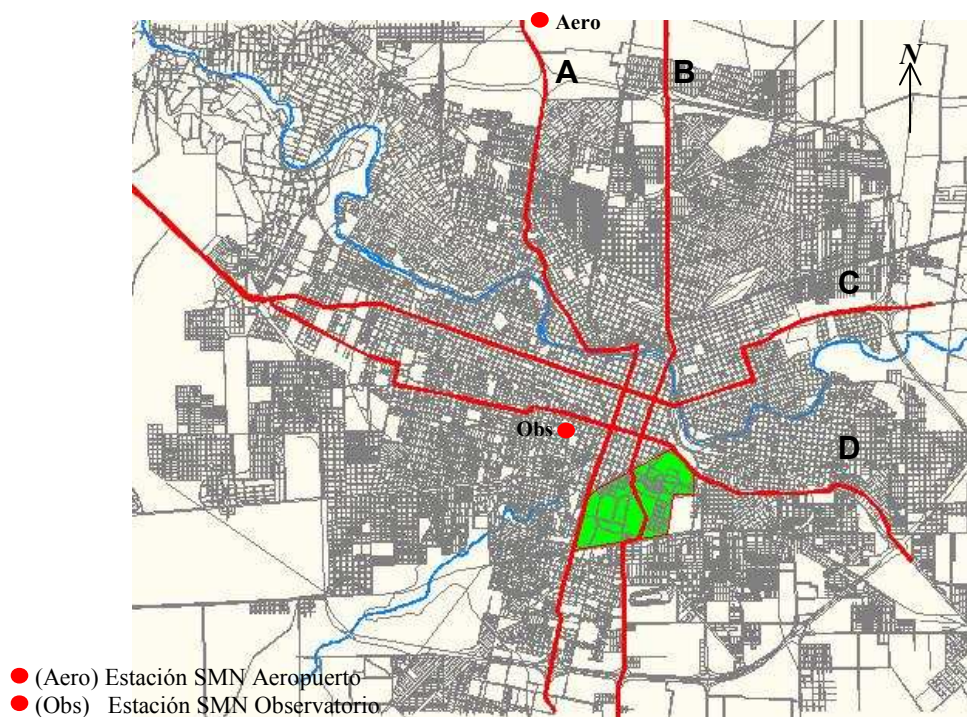


Figura 5: Trazado esquemático de los cuatro transeptos A,B,C y D adoptados para la evaluación preliminar

Para las mediciones móviles sobre los transeptos se utilizaron sensores tipo data loggers HOBO colocados sobre vehículos a una altura aproximada de 1,60 metros y protegidos por una caseta plástica diseñada especialmente, ventilada y aislada de la posible radiación proveniente del vehículo. Los sensores fueron extraídos de las cajas con el objetivo de acelerar la respuesta a las variaciones térmicas. Cada vehículo fue equipado con dos sensores para medición de temperatura exterior ubicados en diferente posición con el objetivo de verificar, mediante su comparación, la inexistencia de factores que pudieran afectar la medición.

El objetivo de la medición fue realizar un relevamiento característico que demuestre la existencia de fenómeno y justifique el desarrollo de un estudio sistemático futuro de la situación. Se definió para esta prueba un día del mes de abril de 2008

ubicado en un periodo de condiciones climáticas estables, alta heliofanía, baja velocidad de vientos y valores de temperatura sensiblemente superiores a la media estadística de la época. Se realizó la medición dinámica en el horario de 20 a 21 hs, que se supone como de máximo impacto del fenómeno de la isla de calor.

El relevamiento de datos se realizó mediante el recorrido simultáneo de cuatro transeptos: dos cruzando la ciudad en el sentido norte-sur y otros dos en el sentido este-oeste. Los recorridos se muestran en el esquema de la figura 5. Cada datalogger fue programado para tomar un dato de temperatura cada 10 segundos, paralelamente se registró la hora (minutos y segundos) de paso por puntos preestablecidos y característicos del recorrido cada 500 metros aproximadamente lo que equivalía según el flujo de tránsito a aproximadamente un minuto por referencia. Debido a la relación entre el tiempo destinado para la medición en cada punto y el tiempo necesario de estabilización del sensor HOBO, es posible que el valor relevado en cada punto no se corresponda exactamente con la temperatura real, aún así la técnica permite determinar una medida promediada o tendencia en el recorrido.

Las gráficas de las figuras 6 a 9 muestran los resultados obtenidos comparando gráficamente los valores de temperatura, perfil topográfico y perfil urbano. En todos los casos se visualiza el aumento de la temperatura al avanzar desde la periferia al centro de la ciudad, la directa relación del aumento de la temperatura con la conformación topográfica de la ciudad y la correspondencia de las mayores temperaturas con las zonas más densas.

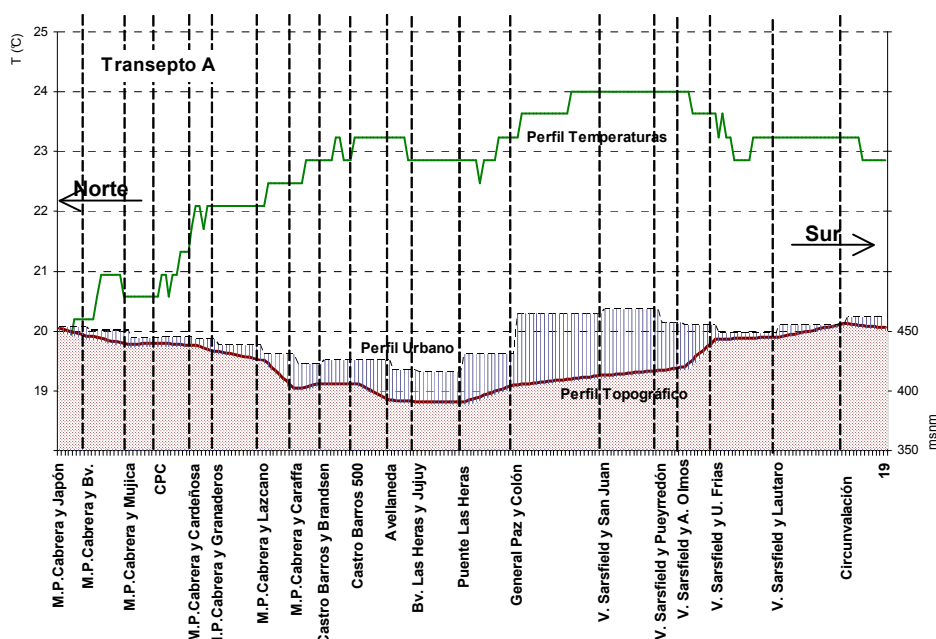


Figura 6: Transepto A – Recorrido Norte - Sur

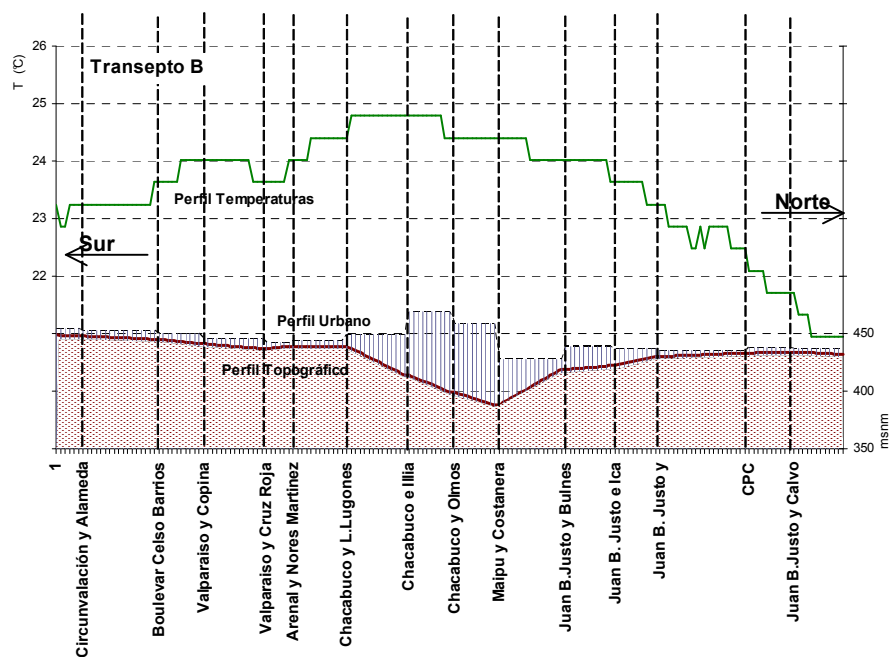


Figura 7: Transepto B – Recorrido Sur - Norte

Los transeptos A y B recorren la ciudad de norte a sur. En estos recorridos se observa claramente la conformación predominante en forma de cuenco de la ciudad con la mayor densidad y temperaturas coincidiendo con el tramo plano inferior de esta cavidad. Se visualiza también la necesidad de aumentar el recorrido del transepto hacia el sur a los efectos de verificar el descenso de la temperatura a los valores mínimos detectados para la zona periférica.

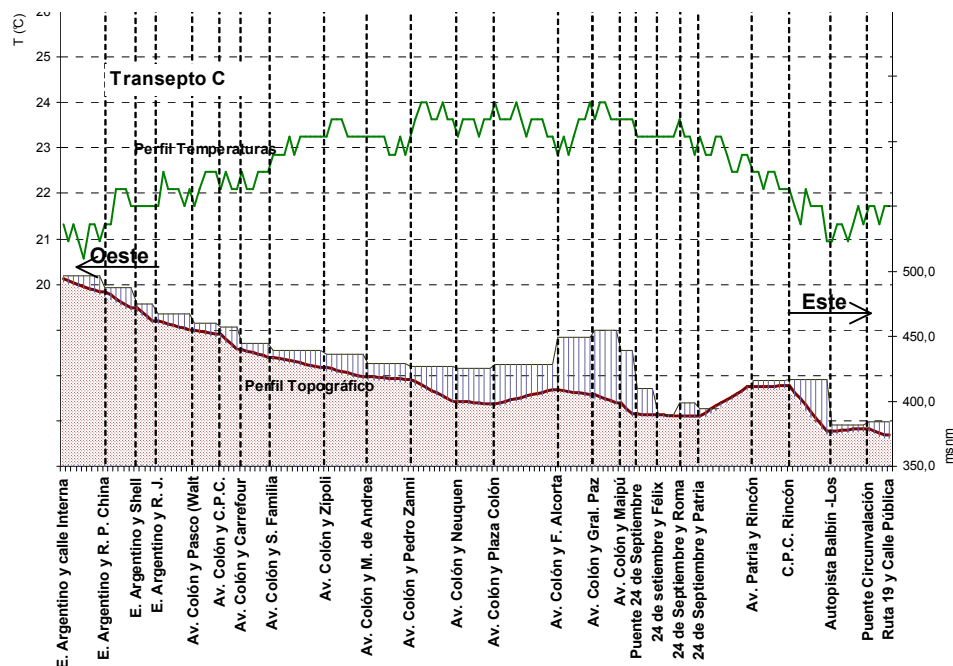


Figura 8: Transepto C – Recorrido oeste – este

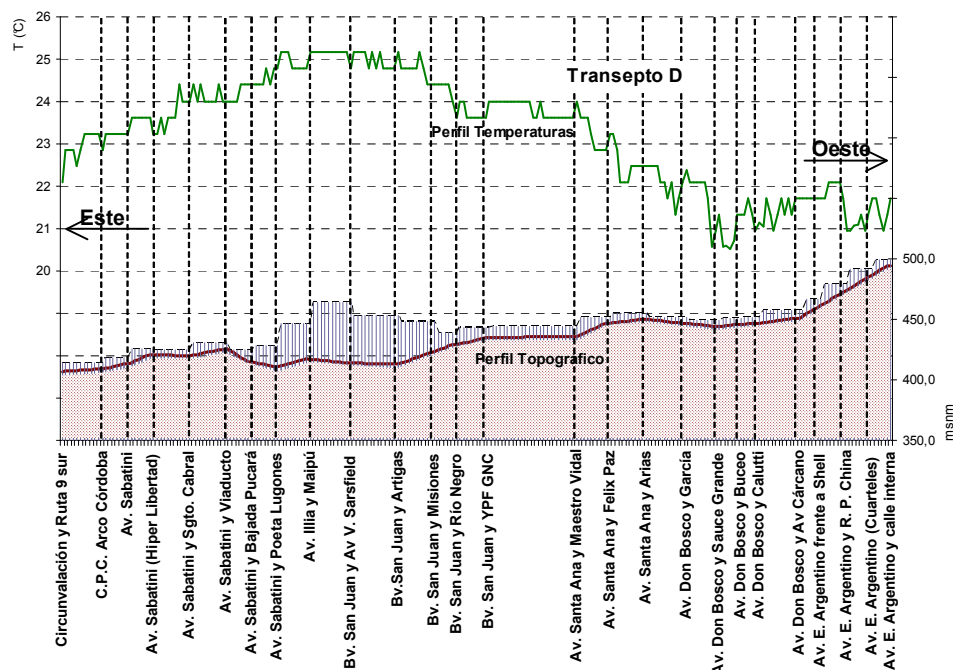


Figura 9: Transepto D – Recorrido este - oeste

Los transeptos C y D recorren la ciudad de este a oeste. Igualmente en estos casos se relaciona el aumento de la temperatura con la densidad y conformación de la ciudad. En estos recorridos se destaca el aumento progresivo de la altitud hacia la orientación oeste en dirección a las sierras chicas. La disminución de la temperatura en esta dirección podría también relacionarse con este aspecto de la conformación topográfica. Es de destacar para todos los casos el aumento de la temperatura hacia el centro de la ciudad y las variaciones puntuales coincidentes con el paso por zonas de características especiales como el río o áreas verdes donde la temperatura disminuye, pudiéndose intuir la aparición de “micro” islas de calor.

CONCLUSIONES

El estudio realizado permitió demostrar la existencia, aparición y evolución de la isla de calor en la Ciudad de Córdoba. A pesar de que la fecha de realización de la medición móvil no corresponde con la estación donde teóricamente se daría el máximo nivel del fenómeno, la verificación de diferencias de temperaturas entre el área central y la periferia que alcanzan el entorno de los 4°C permite suponer que la magnitud de la isla de calor alcanzaría niveles de importancia que justifican ampliamente desarrollar un estudio sistemático y continuo de la situación.

Surge la necesidad de evaluación y análisis de las posibles causas y propuestas de acción para su control, articuladas con el estudio del impacto de la configuración urbana sobre la temperatura de aire. Las causas seguramente están relacionadas no sólo con la densidad de la masa construida y la topografía, sino también con la falta de espacios verdes, los gases contaminantes que actúan a la manera de efecto invernadero, la canalización y entubamiento de los cauces de agua y las fuentes de calor internas de la ciudad como la actividad industrial y los sistemas artificiales de acondicionamiento. El estudio en conjunto de estos aspectos permitirá fijar criterios para una propuesta de desarrollo futuro basada en una planificación urbana sustentable.

El estudio a futuro deberá acompañarse del relevamiento de otros parámetros del clima como la humedad y las velocidades de viento, aspecto este último que influye de manera determinante en la disipación de la contaminación de la ciudad, considerando que en Córdoba aproximadamente el 20% de los días son de calma, lo cual junto con la topografía no permite la disipación.

Los antecedentes presentados permiten justificar la continuidad sistemática de este trabajo destinado a la evaluación de la isla de calor en la Ciudad de Córdoba.

REFERENCIAS

- Jauregui, Ernesto. (1997) Heat Island Development in Mexico City. *Atmospheric Environment*, Vol. 31, No. 22, Pp. 3821-3831.
- Papparelli A., Kurban A., Cunsulo M. (1999). Influencia de la Ocupación Urbana en el Clima de una Ciudad de Zona Árida. ASADES 1999. AVERMA Vol 3.
- De Schiller S., Evans J.M., Katzschner L. (2001). Isla de Calor, Microclima Urbano y Variables de Diseño Estudios en Buenos Aires y Río Gallegos. ASADES 2001. AVERMA Vol 5.
- Correa E., Goudreau N., De Rosa C., Lesino, G. (2004). Estudio de la Estructura de la Isla de Calor Urbana de la Ciudad de Mendoza a partir de Mediciones Móviles en el Área Metropolitana LAHV, INENCO. ASADES 2004. AVERMA Vol 8, N°2.
- Correa E., De Rosa C., Lesino G. (2005). Isla de Calor Urbano. Monitoreo y Análisis del Impacto de la Configuración de los Espacios sobre la Temperatura del Aire en la Ciudad de Mendoza. ASADES 2005. AVERMA Vol 9.
- De Schiller, Silvia (2000). Forma Edilicia y Tejido Urbano: Evaluación de Sustentabilidad. ASADES 2000. AVERMA Vol 4.
- Konopacki S., Akbari H. (2001). Energy Impacts of Heat Island Reduction Strategies in the Greater Toronto Area, Canada. Toronto Atmospheric Fund. LBNL. Berkeley.
- Bulgheroni R. (1970). Córdoba frente al observador. *Revista Summa*. Octubre de 1970.
- Peralta C. (2008). Redistribución Poblacional en Sectores Periféricos de la Ciudad de Córdoba. *Revista Temas de Ciencia y Tecnología*. SeCyT-UNC. Julio de 2008.
- Irós G. (1991). Desarrollo Urbano: Reflexiones y Acciones. Editorial Municipal de la Ciudad de Córdoba.
- Servicio Meteorológico Nacional, Fuerza Aérea Argentina. Estadísticas Climatológicas de las Estaciones Córdoba Aeropuerto y Córdoba Observatorio, periodos: 1941-1950, 1951-1960, 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 y 1990-2000.
- Evans J.M., de Schiller S. (2005). La Isla de Calor en Ciudades con Clima Cálido-Húmedo el caso de Tampico, México. ASADES 2005. AVERMA Vol 9.

ABSTRACT

The main objective of this work is to characterize the Heat Island phenomenon in the City of Córdoba from a surveying on its thermal behavior and its comparison with some urban indicators.

For that purpose, a topographic approach of the city of Córdoba was made; the demographic aspects were studied as well as their relation to the climatic data in different decades, and also the increase of the maximum temperature in relation to its growth.

With the aim of confirming the conclusions, temperature measurements were carried out through four transects defined by the main roads running across the city of Córdoba.

In those measurements higher temperatures were observed in the center of the city and important decreases towards the outskirts; especially in areas where there are water mirrors or open spaces.

Keywords: heat island, urban climate, urban configuration